

## EVALUACIÓN TÉCNICA DE UN TANQUE IMHOFF PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CENTRO, TABASCO

### TECHNICAL EVALUATION OF AN IMHOFF TANK OF WASTEWATER TREATMENT IN CENTER, TABASCO

IIQ. María Berzabé Vázquez González<sup>1</sup>, Dr. Gaspar López Ocaña<sup>2</sup>

Fecha de recepción 14 de octubre del 2010

Fecha de aceptación 10 de diciembre del 2010

#### RESUMEN

Se realizó la cuantificación, caracterización fisicoquímica y biológica del agua residual, para conocer el volumen y la calidad para evaluar el tratamiento actual, verificando las necesidades de saneamiento y cumplimiento normatividad ambiental vigente. La comunidad presenta una población actual de 6000 habitantes que generan un gasto medio de aguas residuales de  $16.67 \text{ L s}^{-1}$ , con una concentración promedio de  $233 \text{ mg L}^{-1}$  de DBO5. La planta actualmente se vio rebasada en su capacidad hidráulica, trata sólo un 11% del volumen de agua generado y las eficiencias de remoción de los contaminantes son casi nulas. El mantenimiento preventivo es el principal responsable de los fenómenos de corto circuito en el sistema disminuyendo la capacidad hidráulica de las unidades y por tanto el tiempo de contacto para la degradación de contaminantes en las unidades anaerobias como el Tanque Imhoff y biofiltro.

**PALABRAS CLAVE:** Agua residual, tratamiento anaerobio, tiempo de retención hidráulico.

#### ABSTRACT

In this study, wastewater quantification, physical-chemical and biological characterization to meet real influent flow rates and quality have been developed, in order to accomplish effluent quality and environmental regulation requirements.

The community has a 6,000 population generating a mean flow rate of  $16.67 \text{ L s}^{-1}$ , with a mean DBO5 concentration of  $233 \text{ mg L}^{-1}$ . Nowadays, the wastewater plant has been overflowed in its hydraulic capacity, treating only an 11% of total wastewater flow rate, achieving poor contaminant removal efficiency.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Villahermosa.  
Km 4.5 carretera Villahermosa-Frontera C.P. 86000  
Villahermosa; Tabasco, México. Tel: (993)3530259.  
marbe\_1411@hotmail.com

<sup>2</sup> División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT.  
Km 8.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas CP. 86150.  
Villahermosa, Tabasco, México. Tel-Fax 993-3544308  
Cel. 9931933824 ocanagl77@hotmail.com

The preventive maintenance is the key factor of short-circuit phenomena in the system diminishing its hydraulic capacity and, consequently, the retention time for contaminant degradation in anaerobic units, such as bio-filters and Imhoff tanks.

**KEY WORDS:** Wastewater, anaerobic treatment, hydraulic retention time.

## INTRODUCCIÓN

El primer sistema utilizado para tratar sólidos sedimentables del agua residual fue el eliminador automático Mouras, y su inventor fue el francés Louis Mouras de Vesoul, quien en 1860 observó que si se mantenían los sólidos en un depósito cerrado se convertía en líquido. En 1940, Karl Imhoff patentó en Alemania un tanque de doble acción hoy día conocido como tanque Imhoff. Una de las primeras instalaciones que, en los Estados Unidos, empleó tanques de digestión separados, fue la planta de tratamiento de aguas residual de Baltimore (Maryland) (IMTA, 2003).

Hacia finales de los años 60 y principios de los 70 se utilizó y desarrolló el filtro anaerobio. Durante la década de los 70 se desarrolló los procesos de reactor anaerobio de flujo ascendente en mano de lodos y los de película-adherida-manto expandido. Durante 1980 se desarrollaron variaciones sobre el tema de los reactores y en Colombia en la Universidad de los Andes se desarrolló el reactor anaerobio a Pistón. Este último

consiste en una serie de reactores completamente mezclados en serie, abierto a la atmósfera y con medio para la separación de gases. Más recientemente se ha tratado de combinar los reactores anaerobios con reactores aerobios para ser un pulimiento final de los efluentes logrando adicionalmente remoción de nutrientes a través del proceso de nitrificación-desnitrificación (Ferrer y Seco, 2008).

En los últimos años se han desarrollado numerosos procesos para residuos de alto contenido en materia orgánica de aguas residuales, uno de ellos es el tratamiento anaeróbico. Es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de la materia orgánica y sólidos biológicos. Algunas de las ventajas del tratamiento anaeróbico sobre el aerobio reside en bajos costos de servicio, debido a que no se emplean equipos de aireación, tienen un coeficiente de producción de biomasa inferior que los sistemas aeróbicos, por lo tanto una menor generación de lodos a operar cargas orgánicas superiores que para que el caso de los procesos aeróbicos, lo que lleva a reactores más pequeños y por último en la producción de metano como potencial ventaja debido a su valor como combustible (Crites *et al.*, 2000, IMTA, 2003).

Actualmente se han construido plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para aliviar un poco la presión ejercida a los cuerpos de agua, a los cuales se ha superado su capacidad de auto recuperación, ya que se extraen cantidades cada vez mayores de agua y se regresan a ellos igualmente cantidades enormes de aguas residuales, produciendo efectos negativos al cuerpo receptor y al ambiente. En México se ha ini-

ciado la aplicación de tecnología basada en la combinación de procesos biológicos anaerobio y aerobio. Las eficiencias que se obtiene con estos sistemas son mayores que las de los sistemas por separado; además, presentan como ventaja adicional una mayor estabilidad ante variaciones de flujo y de carga orgánica. Este tipo de tecnología es particularmente recomendable cuando se pretende el reúso del agua tratada. (Noyola, 2000).

El inventario nacional de PTAR doméstica (CONAGUA, 2006), se señala que existen 1593 plantas construidas y operando. De acuerdo a su proceso 3 son aerobio, 25 anaerobio, 9 biológico, 7 discos biológicos o biodiscos, 9 dual, 43 filtros biológicos o rociadores o percoladores, 74 fosas sépticas, 8 fosas sépticas + filtro biológico, 40 fosa séptica + wetland, 51 humedales (wetland), 19 lagunas aireadas, 622 lagunas de estabilización, 372 lodos activados, 17 primario avanzado, 15 primario o sedimentación, 6 RAFA + filtro biológico, 116 RAFA o WASB, 4 RAFA + WASB + humedal, 50 reactor enzimático, 15 sedimentación + wetland, 50 tanque Imhoff, 13 tanque Imhoff + filtro biológico, 2 terciario, 23 zanjas de oxidación. Las plantas de tanque Imhoff se encuentran 1 en el estado de Hidalgo, 1 en México, 2 en Morelos, 3 en Nuevo León, 1 en Oaxaca, 34 en Tabasco, 1 en Tamaulipas y 7 en Veracruz.

La tecnología anaerobia para mejorar la sustentabilidad del tratamiento de las aguas residuales se ha prestado principalmente después de la crisis de la energía en los años 70. El uso acertado de reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales domésticas crudas en regiones tropicales y subtropicales abrió la oportunidad de los

procesos aerobios en el retiro de la materia orgánica del influente. (Foresti *et al.*, 2006).

En Tabasco existen 60 PTAR domésticas distribuidos en 15 municipios de la entidad, el inventario estatal demuestra que el 56.6 % de los sistemas de tratamiento de la entidad, son tratamientos con tanque Imhoff, es decir, un tratamiento de tipo primario. Cabe mencionar que este tipo de tratamientos se ha utilizado para el tratamiento de aguas de pequeñas comunidades o comunidades descentralizadas. Actualmente estos sistemas se han optimizado utilizando filtros anaerobios horizontales para el tratamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble del efluente de los tanques Imhoff (SAPAET, 2006).

La evaluación general de las unidades de proceso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lomas de Ocuilzapotlan II, fue necesaria, para determinar el cumplimiento de los niveles de descarga establecidos como Límites Máximos Permisibles que están establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, para ello fue necesario determinar en función a los criterios de diseño establecidos por la CONAGUA (2007), el comportamiento del gasto de operación, levantamiento físico de las unidades, evaluación de los tiempos de retención hidráulica y verificar la eficiencia de remoción de los principales parámetros de operación como son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST) (Noyola, 2000).

Lo anterior contribuirá a proponer modificaciones, ampliaciones e incluso la propuesta de una nueva alternativa de tratamiento, para optimizar la eficiencia de remoción

de parámetros específicos, seleccionando la más viable, en función de su factibilidad técnica, disponibilidad de área, operación y mantenimiento. Con estas acciones se optimizan sistemas de tratamiento de baja calidad sanitaria para evitar con sus descargas un deterioro mayor a los ecosistemas receptores, además de disminuir la presencia de malos olores y otros efectos nocivos a la salud pública.

### ÁREA DE ESTUDIO

El Fraccionamiento Lomas de Ocuiltzapotlan II se encuentra ubicada en el km 15 carretera Villahermosa a Frontera, cuenta con una extensión de 141,695.58 m<sup>2</sup>, correspondiendo a superficie restringida con 968.44 m<sup>2</sup>, área de vialidad con 44,178.78 m<sup>2</sup>, área de donación con 9,987.08 m<sup>2</sup>, área vendible con 72,817.64 m<sup>2</sup> y área de equipamiento con 3,952.68 m<sup>2</sup>. Dicho fraccionamiento colinda; al Norte con terreno particular baldío con 600.00 metros lineales; Al Sur con terreno particular baldío 600.00 metros lineales; al Este con Carretera Villahermosa.- Frontera con 350.00 metros lineales y al Oeste terreno particular baldío 350.00 metros lineales (Figura 1). El fraccionamiento cuenta con 1108 casas de 141.19 m<sup>2</sup>, cada casa soportará 5 habitantes en promedio, se brinda dotación de 300 L hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, cuenta con escuela, parque, centro de salud y la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

El escurrimiento del agua pluvial es por gravedad a un vertedero, la red de agua doméstica es de 6,313 m, cuenta con un cárcamo de bombeo con arranque termomagnético una bomba de 250 caballos, en una extensión de 387.60 m<sup>2</sup>. Una planta de tratamiento de aguas negras tipo tanque

Imhoff con una extensión de 3,565.02 m<sup>2</sup> y un pozo profundo con un tanque elevado de 250,000 litros. La PTAR de Lomas de Ocuiltzapotlán II está formada por un tren de tratamiento simple, ya que únicamente se le da tratamiento primario y secundario al agua residual, como se puede apreciar en la foto 2, esta planta cuenta con un cárcamo, medidor parshall, un desarenador, el tanque Imhoff, los lechos de secados y un filtro biológico horizontal anaerobio.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el sistema actual del tratamiento, se procedió a la inspección de los sistemas de alcantarillado (drenaje) y cuantificación de descargas. Del mismo modo se identificó el sitio más idóneo para realizar los aforos directos del agua residual (cárcamo concentrador). Las visitas validaron la existencia de drenajes sanitarios como colectores y subcolectores de aguas negras además de la PTAR.

Los muestreos de aguas residuales se realizaron en base a la norma NMX-AA-003-1980 (25-03-80) que regula el muestreo de Aguas Residuales y de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. El muestreo se desarrolló directamente en la PTAR. Esta planta cuenta con un Cárcamo, un Canal Parshall, un Tanque Imhoff, un Lecho de Secado y un Filtro Anaerobio Horizontal como se muestra en la figura 3.



Figura 1. Vista aérea del Fraccionamiento de Lomas de Ocuiltzapotlán II. Fuente: Google Earth, 2003



Figura 2. En el apartado A se muestra el levantamiento topográfico del terreno y levantamiento físico de las unidades de tratamiento, en el apartado B se presenta el muestreo de la planta de tratamiento, finalmente en el C se presenta el aforo en el cárcamo concentrador

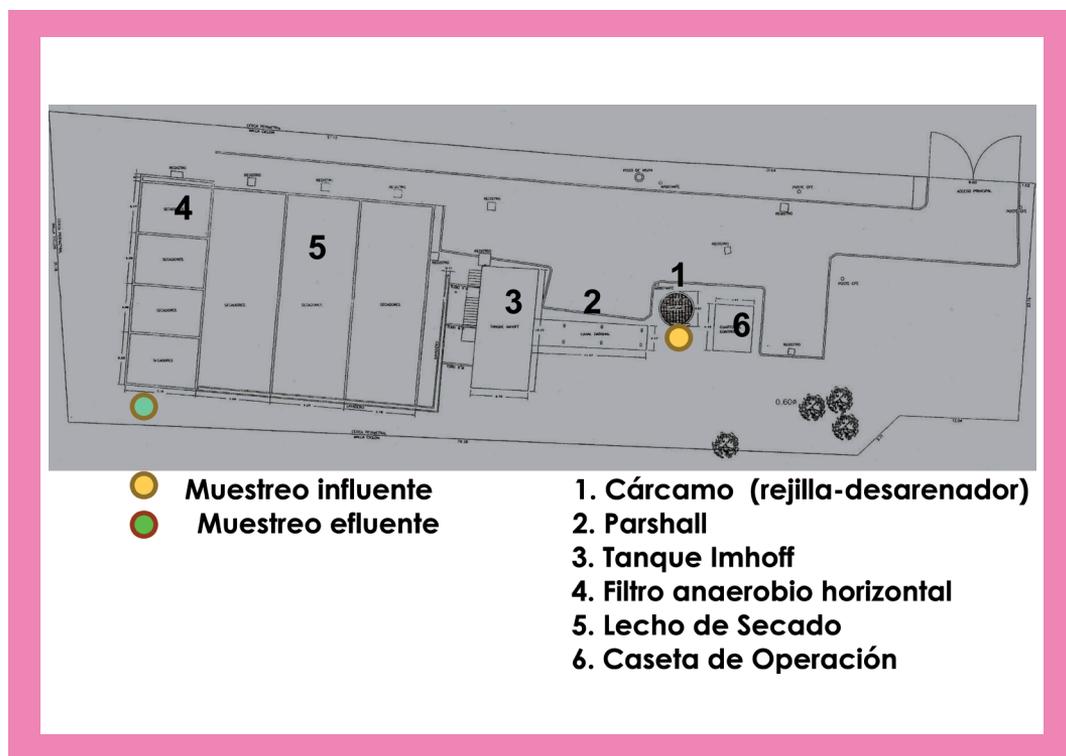


Figura 3. Plano de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

La norma NOM-001-SEMARNAT-1996 indica que si el proceso generador de las descargas opera de 18 a 24 horas, el número de muestras simples que se tomaron es de mínimo 2, una en el influente y el otro en el efluente, se tomo los días lunes, miércoles y viernes, del 24 al 28 de abril y del 7 al 11 de mayo del 2008, los parámetros evaluados fueron: Temperatura ( $T$  °C), pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Grasas y aceites (GyA), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), Coliformes Totales (CT), Nitrógeno total (N) y Fósforo total (P). Como se presenta en la tabla 1.

La caracterización fisicoquímica de las aguas residuales fue realizada con base a los procedimientos analíticos señalados por la Normatividad Oficial Mexicana. Se realizaron en el laboratorio de Calidad del Agua del Estado de Tabasco, los cuales se presentan en la tabla 2.

En la evaluación del gasto de aguas residuales se realizaron dos cálculos uno teórico y otro directo en campo. En el cálculo teórico se consideró la población actual y se aplicaron los modelos establecidos por la CONAGUA (2007), considerando la capacidad de carga del fraccionamiento y

Tabla 1. Programa de muestreo en la PTAR, toma de influente y efluente

Parámetros	Lunes	Miércoles	Viernes	2 semanas	Total de muestras
T °C	2	2	2	6*2	12
pH	2	2	2	6*2	12
SST	2	2	2	6*2	12
GyA	2	2	2	6*2	12
DBO	2	2	2	6*2	12
DQO	2	2	2	6*2	12
CT	2	2	2	6*2	12
N	2	2	2	6*2	12
P	2	2	2	6*2	12

Tabla 2. Normatividad aplicable a pruebas de laboratorio

Norma	Descripción
NMX-AA-003-1980	Muestreo.
NMX-AA-005	Grasas y aceites. Extracción Soxhlet
NMX-AA-007-1980	Temperatura. Método visual con termómetro
NMX-AA-008	pH. Método potenciométrico
NMX-AA-028-1981	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
NMX-AA-030-1981	Demanda química de oxígeno.
NMX-AA-042-1987	NMP de coliformes totales y fecales.
NMX-AA-034-1981	Sólidos Suspendidos Totales, método gravimétrico.
NMX-AA-026	Nitrógeno. Método Kjeldahl
NMX-AA-029	Fósforo. Método Espectrofotométricos

se realizó la estimación del gasto con una aportación de 240 L hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> estimada así a partir de la dotación que hace SAPAET de 300 L hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Se considerando para el gasto máximo instantáneo el coeficiente de Harmon de 3.17 y un coeficiente de seguridad de 1.5. Con respecto a la carga orgánica expresada como DBO5 fueron determinadas con un factor de carga equi-

valente a 56 g hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. El análisis de la precipitación, evaporación y temperatura ambiental, se realizaron con el análisis de datos proporcionados por la CONAGUA de la estación meteorológica de la ciudad de Villahermosa, la cual presenta datos históricos desde 1993 a 2005 para la temperatura y evaporación.

Ecuaciones de gastos teóricos:

Aportación:

$$A_p = 0.8 \text{ Dot} \quad (\text{L hab}^{-1} \text{ día}^{-1}) \quad \text{Ec 1}$$

Gasto medio:

$$Q_{\text{med}} = (A_p * P_p) * 86,400^{-1} = \quad (\text{L S}^{-1}) \quad \text{Ec 2}$$

Gasto mínimo:

$$Q_{\text{mín}} = 0.5 Q_{\text{med}} \quad (\text{L S}^{-1}) \quad \text{Ec 3}$$

Gasto máximo instantáneo:

$$Q_{\text{máx. inst}} = Q_{\text{med}} * M \quad (\text{L S}^{-1}) \quad \text{Ec 4}$$

Coficiente de Harmon (M):

$$M = 1 + (14 * (4 + (P_{\text{ob}} * 1000^{-1})^{-0.5})^{-1}) \quad \text{Ec 5}$$

Gasto máximo extraordinario:

$$Q_{\text{máx. ext}} = Q_{\text{máx. inst}} * 1.5 \quad (\text{L S}^{-1}) \quad \text{Ec 6}$$

Volumen diario:

$$V_d = Q_{\text{med}} * 86.4 \quad (\text{m}^3 \text{ día}^{-1}) \quad \text{Ec 7}$$

Flujo másico:

$$P_0 = P_p * C_0 \quad (\text{Kg día}^{-1}) \quad \text{Ec 8}$$

DBO Teórica:

$$C_0 = (P_0 * V_d^{-1}) * 1000 \quad (\text{mg L}^{-1}) \quad \text{Ec 9}$$

Para la determinación directa de la generación de aguas residuales se realizó un aforo mediante un método directo. Este consistió en preparar el cárcamo de volumen co-

nocido (graduándolo). Posteriormente, se determinó el tiempo en que se llena dicho recipiente y se obtiene el caudal con la relación (figura 4). Como se puede observar, este método es aplicable a descargas con un flujo pequeño, pues en descargas de flujo apreciable, se pierde la precisión.

$$Q = \text{Vol T}^{-1} \quad \text{Ec 10}$$

Donde:

Q = Caudal ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), T = Tiempo (s) y Vol= Volumen ( $\text{m}^3$ ).

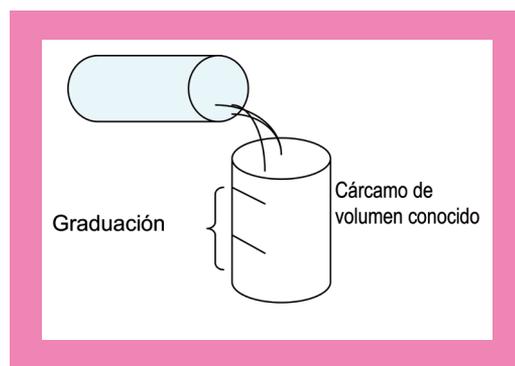


Figura 4. Graduación de la descarga al volumen de control que es el cárcamo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

La estimación de gastos teóricos de la localidad fue estimada para 6000 habitantes, con una aportación de  $240 \text{ L hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , dicha población genera un volumen diario de aguas residuales de  $1,440 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$ , aportando un flujo másico de  $336 \text{ kg día}^{-1}$ , presentando una concentración de  $233 \text{ mg L}^{-1}$ .

Tabla 3. Gastos estimados a partir de la dotación de agua potable

Gastos	Gasto T1 (L s <sup>-1</sup> )	Gasto T2 (L s <sup>-1</sup> )
Q med =	10.0	16.7
Q mín =	5.0	8.3
Q máx. inst =	33.7	52.8
Q máx. ext =	50.6	79.3

Gasto T<sub>1</sub> es el volumen de agua estimado en 1988 y Gasto T<sub>2</sub> estimado para 2008.

En cuanto a los gastos medidos en la planta arrojan que el gasto promedio de entrada a la planta es de 1.85 (±0.75) L s<sup>-1</sup>, mientras que el mínimo y máximo fueron de 0.34 y 3.45 L s<sup>-1</sup>. Sin embargo para el caso particular de esta planta SAPAET (2006) reporta un gasto de diseño (1988) y operación actual es de 10 L s<sup>-1</sup>. Figura 5

### OPERACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

Los resultados anteriores muestran que la planta está recibiendo menor gasto para la cual fue diseñada, es decir, solo está operando con la recepción del 18.5 % de la capacidad de diseño. Lo anterior motivo a identificar que el volumen de agua esta descargándose directamente a la laguna aledaña (cuerpo receptor). Sin embargo, si consideramos que el gasto actual promedio estimado es de 16.67 L s<sup>-1</sup>, la operación actual estará reducida a solo recibe el sistema el 11 % del volumen de agua generado.

En cuanto a la capacidad hidráulica de la planta se observa que por falta de mantenimiento si se incrementa el gasto a mas de 4 L s<sup>-1</sup>, se inicia el fenómeno de corto circuito (Crites *et al.*, 2000) ya que del volumen total

de las unidades de tratamiento presentan más del 40 % de su capacidad ocupada con sedimentos por lo que no alcanzan a tratar los 10 L s<sup>-1</sup> la cual es la capacidad de diseño, aunque no olvidemos que el sistema se ha visto rebasado pues con el gasto actual se requiere de otro módulo (gemelo) para tener capacidad de tratamiento del gasto total aportado de 16.67 L s<sup>-1</sup>.

### CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y EFICIENCIA DE LA PLANTA

Es importante considerar como debe ser la operación ideal del sistema de tratamiento, es por ello que el sistema de Tanque Imhoff debe de presentar un 90.8 % de eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, teniendo una concentración de entrada de 233 mg L<sup>-1</sup> y una concentración de salida de 21.47 mg L<sup>-1</sup>. En la tabla 4 se presentan las condiciones normales de operación del sistema, por lo que se observa que se pueden llegar a remover de un gasto de 16.67 L s<sup>-1</sup>, aproximadamente 305.9 kg día<sup>-1</sup> de lodos biológicos.

Por el contrario la planta aun operando con un caudal promedio de 1.85 L s<sup>-1</sup>, presenta problemas en la remoción de contaminantes, pues aunque sea poco el volumen de entrada presenta las mismas características de impurezas.

Dentro de los parámetros de control de procesos uno de los más importantes es la DBO, durante el mes de abril de 2008 presenta una concentración de entrada de 177.7 (±90.6) mg L<sup>-1</sup> y una concentración de salida de 154.5 (±66.0) mg L<sup>-1</sup>. Para el mes de mayo la concentración de entrada fue de 297.7 (±34.0) mg L<sup>-1</sup> y una concentración de salida de 97.5 (±64.0) mg L<sup>-1</sup>. Estos muestran que no se está cumpliendo con los lí-

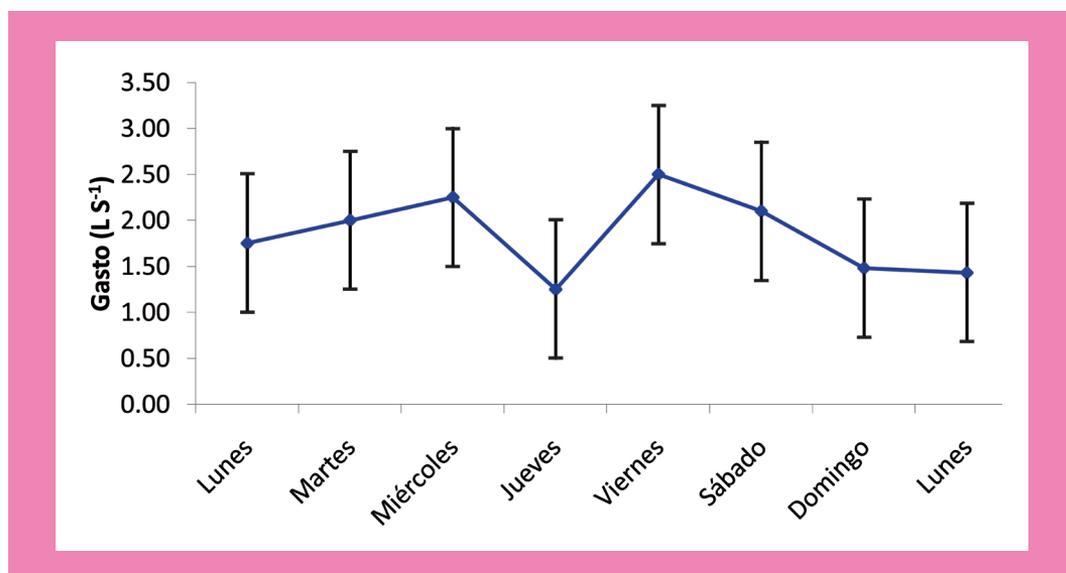


Figura 5. Gasto promedio diario en el cárcamo concentrador

Tabla 4. Eficiencia normal del sistema.  $C_1$  y  $C_2$  (masa de entrada y salida), R (masa removida)

Equipo	$C_1$ (kg día <sup>-1</sup> )	R (kg día <sup>-1</sup> )	$C_2$ (kg día <sup>-1</sup> )	ER DBO %
Rejillas	336.0	0.0	336.0	0.0
Desarenador	336.0	26.9	309.1	8.0
Tanque Imhoff	309.1	185.5	123.6	60.0
Biofiltro	123.6	92.7	30.9	75.0

mites máximos permisibles establecidos por al NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece que para un embalse natural el promedio mensual y diario de descarga son de 30 y 60 mg L<sup>-1</sup> de DBO. Tabla 5.

En el caso particular las eficiencias de remoción de la planta son muy bajas y en el caso de las eficiencias negativas indican que sale todavía más cantidad de materia que la que entra al sistema, ese exceso de mate-

rial es el que está contenido en las unidades y que no ha sido removido de las unidades debido a la falta de mantenimiento.

Los sólidos suspendidos totales (SST), en abril de 2008, tabla 6, presentaron una concentración de entrada de 134.2 ( $\pm 33.8$ ) mg L<sup>-1</sup> y una concentración de salida de 149.7 ( $\pm 56.7$ ) mg L<sup>-1</sup>. Para mayo la concentración de entrada fue de 201.7 ( $\pm 72.9$ ) mg L<sup>-1</sup> y una concentración de salida de 261.7

Tabla 5. Concentración de DBO<sub>5</sub> de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (mg L <sup>-1</sup> )	Efluente (mg L <sup>-1</sup> )	ER DBO (%)
24/03/2008	140.0	132.3	5.5
26/03/2008	281.0	102.4	63.6
28/03/2008	112.0	228.7	-104.2
07/04/2008	264.0	169.2	35.9
09/04/2008	332.0	46.3	86.1
11/04/2008	295.0	77.0	73.9

Tabla 6. Concentración de SST de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (mg L <sup>-1</sup> )	Efluente (mg L <sup>-1</sup> )	ER DBO (%)
24/03/2008	96.0	114.0	-18.8
26/03/2008	146.6	215.0	-46.7
28/03/2008	160.0	120.0	25.0
07/04/2008	210.0	330.0	-57.1
09/04/2008	270.0	240.0	11.1
11/04/2008	125.0	215.0	-72.0

Tabla 7. Concentración de DQO de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (mg L <sup>-1</sup> )	Efluente (mg L <sup>-1</sup> )	ER DQO (%)
24/03/2008	529.2	425.5	19.6
26/03/2008	694.6	330.6	52.4
28/03/2008	559.6	675.5	-20.7
07/04/2008	546.9	524.0	4.2
09/04/2008	668.7	365.5	45.3
11/04/2008	620.5	387.3	37.6

((±60.5) mg L<sup>-1</sup>. Estos muestran que no se está cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos por el NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece que para un embalse natural el promedio mensual y diario de descarga son de 40 y 60 mg L<sup>-1</sup> de SST. Las eficiencias negativas indican que sale todavía más cantidad de materia que la que entra al sistema (falta de mantenimiento).

Como consecuencia a la falta de mantenimiento, la planta de tratamiento presenta una baja eficiencia de remoción de los parámetros establecidos en el monitoreo como son los coliformes totales, las grasas y aceites, el nitrógeno y el fósforo, pues estos no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para un embalse natural C, de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Y aunque la DQO no está normada también presenta una baja eficiencia de remoción. Tabla 7.

Tabla 8. Concentración de Grasas y Aceites de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (mg L <sup>-1</sup> )	Efluente (mg L <sup>-1</sup> )	ER G y A (%)
24/03/2008	44.4	47.3	-6.5
26/03/2008	564.7	54.6	90.3
28/03/2008	130.8	24.4	81.3
07/04/2008	77.4	31.4	59.4
09/04/2008	80.9	14.7	81.8
11/04/2008	84.5	29.1	65.6

Tabla 9. Concentración de Nitrógeno de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (mg L <sup>-1</sup> )	Efluente (mg L <sup>-1</sup> )	ER N (%)
24/03/2008	22.8	12.0	47.0
26/03/2008	24.2	6.5	73.0
28/03/2008	8.2	14.4	-75.0
07/04/2008	7.0	19.7	-182.0
09/04/2008	0.2	0.3	-27.0
11/04/2008	0.2	0.6	-195.0

Tabla 10. Concentración de Fósforo de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (mg L <sup>-1</sup> )	Efluyente (mg L <sup>-1</sup> )	ER P (%)
24/03/2008	13.7	11.3	17.0
26/03/2008	14.0	12.6	10.0
28/03/2008	12.8	11.8	8.0
07/04/2008	12.0	10.3	14.0
09/04/2008	14.5	10.0	31.0
11/04/2008	13.2	12.0	9.0

Tabla 11. Concentración de Coliformes Totales de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (NMP)	Efluyente (NMP)	ER CT (%)
24/03/2008	920000	920000	0.0
26/03/2008	920000	1600000	-73.9
28/03/2008	2400000	2400000	0.0
07/04/2008	2400000	110000	95.4
09/04/2008	2400000	2400000	0.0
11/04/2008	2400000	2400000	0.0

Tabla 12. pH de entrada y salida de la planta

Días	Influyente (U pH)	Efluyente (U pH)	ER (%)
24/03/2008	8.2	7.9	3.3
26/03/2008	7.3	7.7	-5.0
28/03/2008	7.2	7.3	-0.8
07/04/2008	7.6	8.3	-9.9
09/04/2008	7.0	8.5	-21.9
11/04/2008	6.9	7.0	-1.5

La relación DBO/DQO, nos muestra la biodegradabilidad de las aguas residuales (Crites *et al.*, 2000), y se clasifican aguas tóxicas aquellas que presentan una relación menor a 0.3, las aguas con valores mayores de 0.3 y menores a 0.5 son clasificadas como aguas muy difíciles de degradar. Finalmente las aguas residuales con valores superiores a 0.5 son aguas que si pueden degradarse fácilmente con métodos biológicos convencionales y naturales. El análisis de biodegradabilidad de las aguas (Figura 6), presenta que la mayor parte, el agua está dentro de los parámetros de aguas de fácil degradación. Esto nos indica que es factible realizar el tratamiento de las aguas mediante procesos biológicos como son naturales aerobios o anaerobios (Noyola, 2000; Romero, 1996 y 1999).

La remoción del sistema de tratamiento es muy baja ya que los tiempos de retención hidráulica de estos sistemas van de 2 a 10 días (IMTA, 2003) y para el caso del sistema actual el tiempo de retención hidráulica es menor a un día. Este concepto se conoce como fenómeno de corto circuito lo cual hace que la biomasa no tenga el tiempo suficiente para realizar el proceso anaerobio de (ausencia de oxígeno y nitrato) hidrólisis, fermentación y metanogénesis (Ferrer y Seco, 2008). Para el este tipo de unidades de tratamiento se recomienda la evacuación de los lodos por los menos de una a dos veces por año (Metcalf and Eddy 1996 y Crites *et al.*, 2000), sin embargo el mantenimiento es esta unidad es casi nulo lo que hace referencia a falta de mantenimiento por más de dos años.

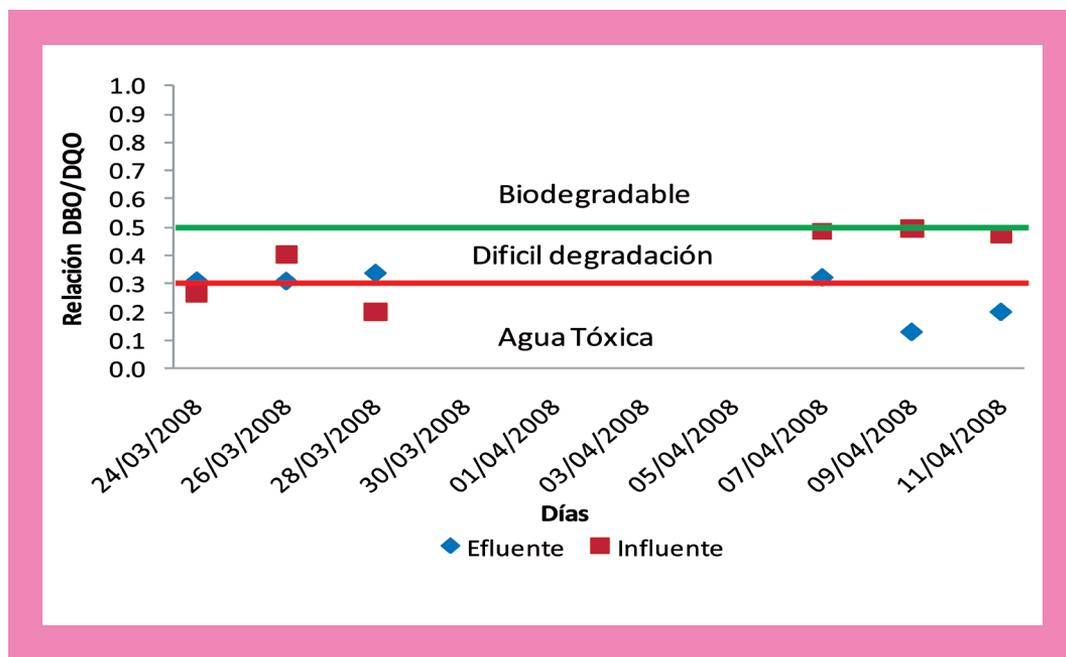


Figura 6. Biodegradabilidad de las aguas residuales

## CONCLUSIÓN

El volumen actual de descarga de aguas residuales en la localidad presenta  $1.85 \text{ L S}^{-1}$  como gasto medio, no obstante la aportación que se calcula teóricamente a partir de la dotación actual es de  $16.67 \text{ L S}^{-1}$  y el gasto medio de diseño de la planta es de  $10 \text{ L S}^{-1}$ .

La planta está operando solo a un 18.5 % de la capacidad hidráulica de diseño pero con un 11 % de la capacidad actual aportada del sistema.

En general el proceso de tratamiento requiere un 91 % de eficiencia de remoción de DBO y las eficiencias actuales presentan remociones desde cero a 86 % como máximo, lo hace referencia a la falta de mantenimiento y desazolve de los sistemas actuales, del mismo modo no hay una eficiente remoción en los demás parámetros evaluados.

La temperatura del agua está dentro de norma ya que estas temperaturas (25 a  $27.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) no pasan el valor  $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; las grasas y aceites, los SST, la DBO, así como los demás parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996.

La biodegradabilidad se encuentra por momentos en el rango de aguas de difícil degradación y tóxica, sin embargo con esta relación DBO/DQO se puede tratar el agua mediante un sistema anaerobio como este sistema.

La mala operación y la falta de manteni-

miento son los principales responsables que la planta haya reducido su capacidad hidráulica de diseño de  $10 \text{ L S}^{-1}$  a solo  $2 \text{ L S}^{-1}$ . Por lo tanto se presenta el corto circuito y el sistema no cumple con el tiempo de retención mínima necesario para que los microorganismos cumplan con la acción de depuración del agua del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional del Agua. 2006. Inventario Nacional de Plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas potabilizadoras. México DF.
- Comisión Nacional del Agua. 2007. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diciembre México DF.
- Crites, R. and Tchobanoglous, G. 2000. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Tomos 1, 2 y 3. Traducido de la primera edición en inglés. Bogotá, Colombia. Mc Graw Hill.
- Ferrer, P.J., Seco, T.A. 2008. Tratamientos biológicos de aguas residuales. Universidad Politécnica de Valencia. Editorial Alfaomega. México DF. 184 pág.
- Foresti, E.; Zaiat, M.; Vallero, M. 2006. Anaerobic Processes as the Core Technology for Sustainable Domestic Wastewater Treatment: Consolidated Applications, New Trends, Perspectives, and challenges. 3-19 pages.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. 2003. Curso Teórico Práctico. Tratamiento de Lodos Residuales. Jiutepec, Morelos. 310 págs.
- Metcalf y Eddy. 1996. Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. MC Graw Hill. 752 pág.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Normas Técnicas Mexicanas de Aguas Residuales.
- Noyola, R.A.; Vega, G.E.; Ramos, H.J.G.; Calderón M.C. 2000. Alternativas de tratamiento de aguas residuales. Tercera edición. Manuales IMTA. México. 750 pág.
- Romero, Á.H.J.; García, O. y Dávila, J.J. 1996. Las vicisitudes de las plantas de tratamiento de las aguas residuales en México. Memoria XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. México DF 3-7 Noviembre.
- Romero, Á.H. 1999. Lagunas de estabilización, Alternativa de México para manejar aguas residuales. Ingeniería y ciencias Ambientales Rev. No. 10.
- Sotelo, G. 2005. Hidráulica General I, Fundamentos. México, D.F. 561p.
- Sistema de agua potable y alcantarillado del estado de Tabasco, SAPAET. (2006). Inventario de las plantas de tratamientos de aguas residuales. Reporte Técnico.
- López-Ocaña, G. y Vázquez-González, M. B. 2011. Evaluación técnica de un tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales en centro, Tabasco. U. Tecnociencia 5 (1) 32 - 47.